

# Urban Mining – Rohstoffe aus heimischen Quellen

**REWIMET-Symposium**  
Clausthal, 25. - 26. August 2021

Prof. Dr.-Ing. Sabine Flamme  
Celestin Stretz, M. Eng.

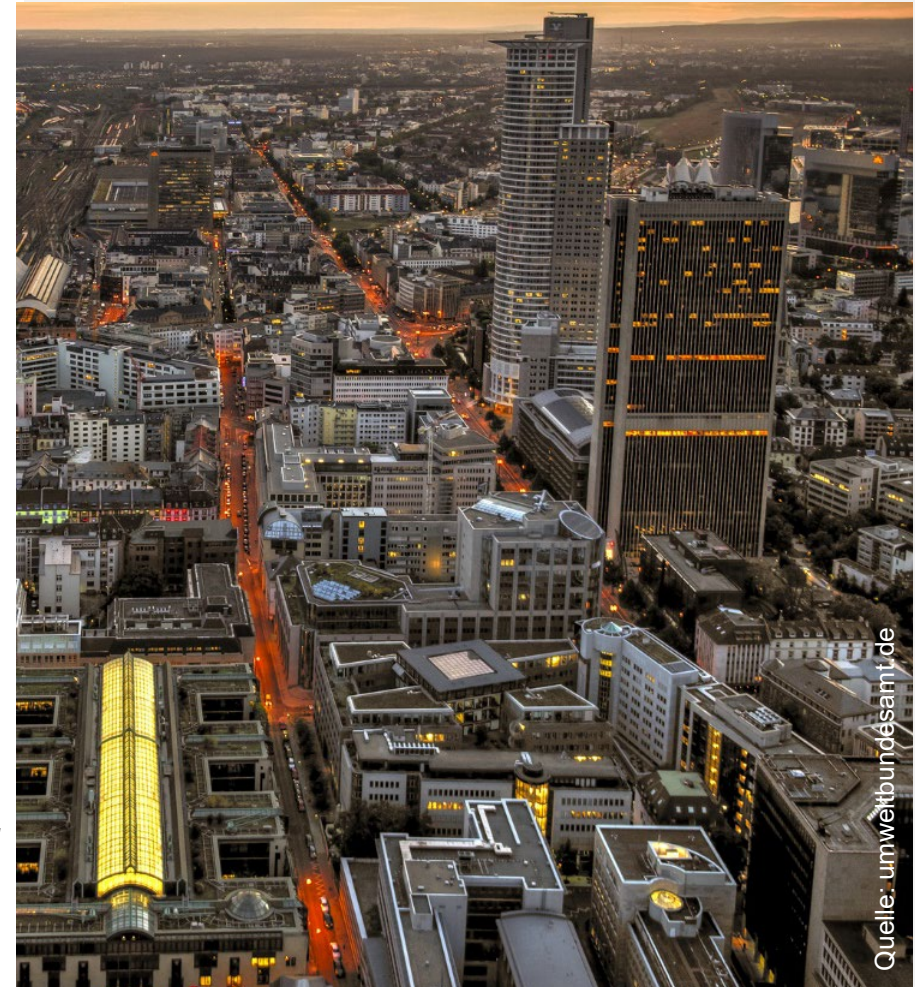
# Inhalt

- **Hintergrund zum Anthropogenen Lager**
- **Abschätzung von Stoffströmen in Gebäuden und Infrastrukturen**
- **Herausforderungen für die Bewirtschaftung des Anthropogenen Lagers**
- **Projekt R2Q**
- **Ausblick – Urban Mining**

# Anthropogenes Lager

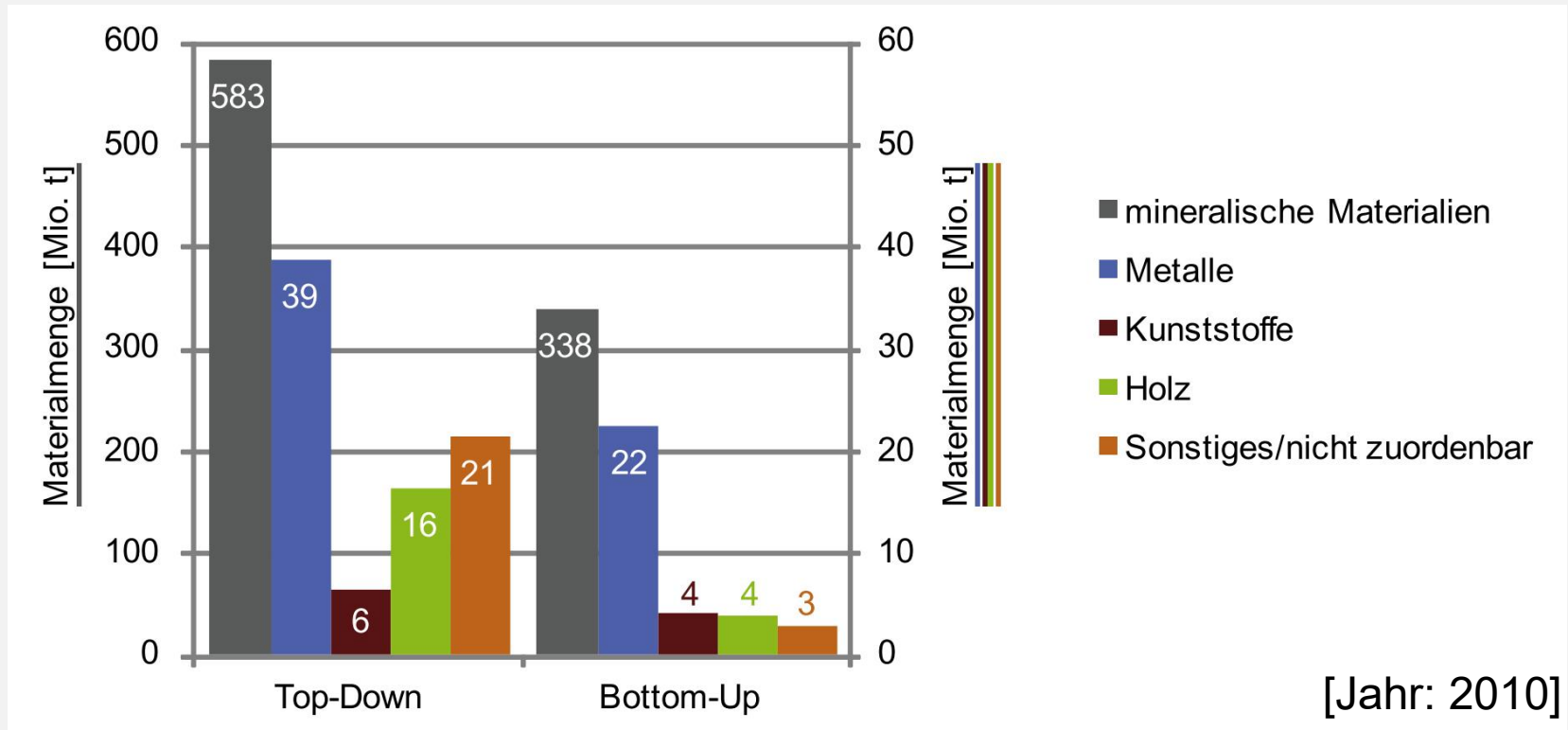
## Hintergrund

- vom Menschen geschaffenes Materiallager in Infrastrukturen, Gebäuden und Gütern
- Schätzung (2010): ~ 28 Mrd. Mg  
Jährlicher Zuwachs: ~ 0,8 Mrd. Mg  
[Schiller et al. 2015]
- **Prognose 2021: 36,8 Mrd. Mg**
- Bedeutende Rohstoffquelle zur Deckung des zukünftigen Bedarfs
- **Wissen über Höhe und Dynamik des anthropogenen Lagers bisher nur begrenzt**
- Systematische Bewirtschaftung bedarf einer **genaueren Wissensgrundlage** über das anthropogene Lager



# Anthropogenes Lager

## Zusammensetzung



[Schiller, G., et al. 2015]

# Anthropogenes Lager

## Ressourcenrelevanz der Bauwirtschaft

Die Bauwirtschaft steht in Deutschland für...

**60 % des Rohstoffverbrauchs**



**35 % des  
Energieverbrauchs**

**4 ha/d Landverbrauch**

**55 % des Abfallaufkommens**



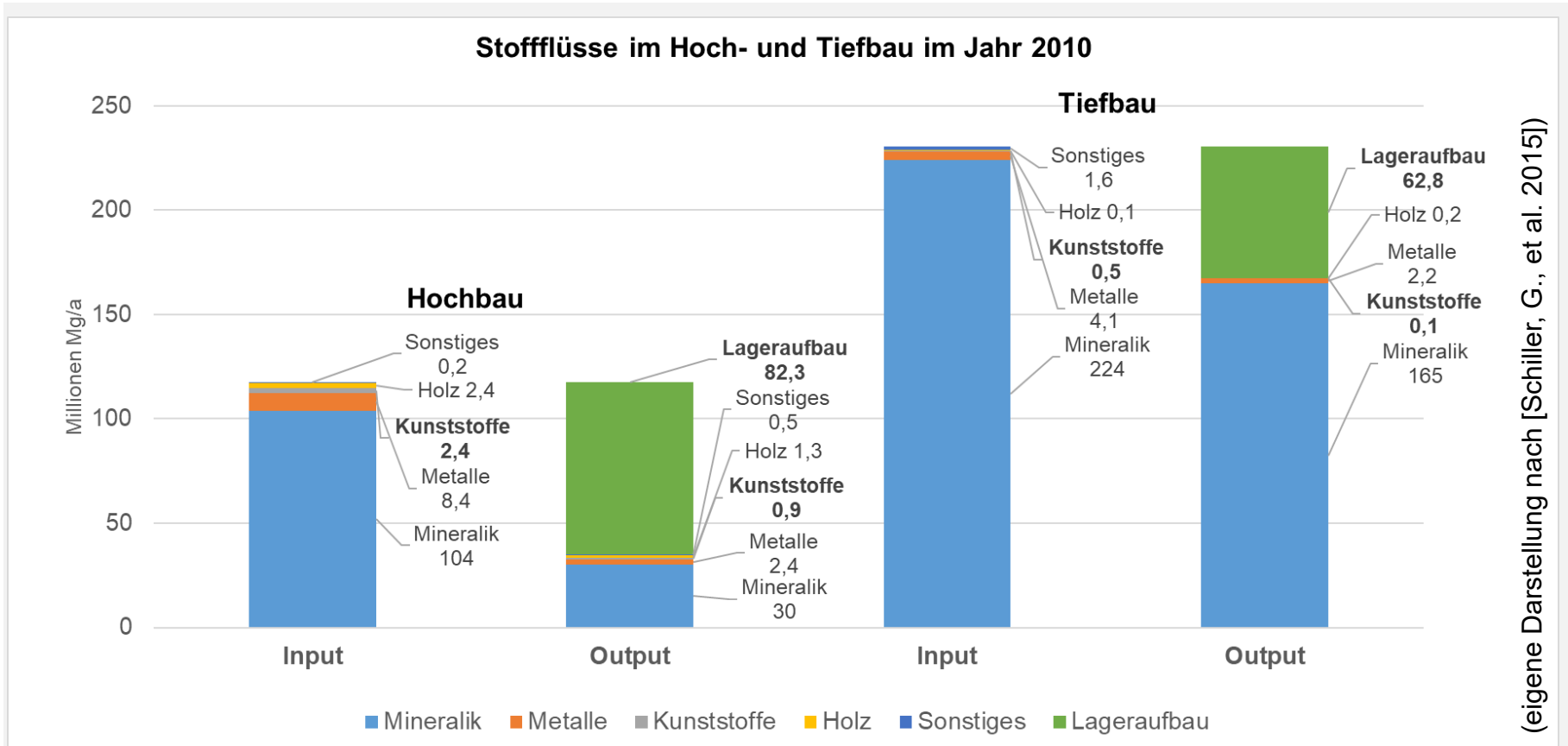
**Entsorgung  
???**

[Destatis, 2020] [Link, H. 2013]



# Stoffströme pro Jahr

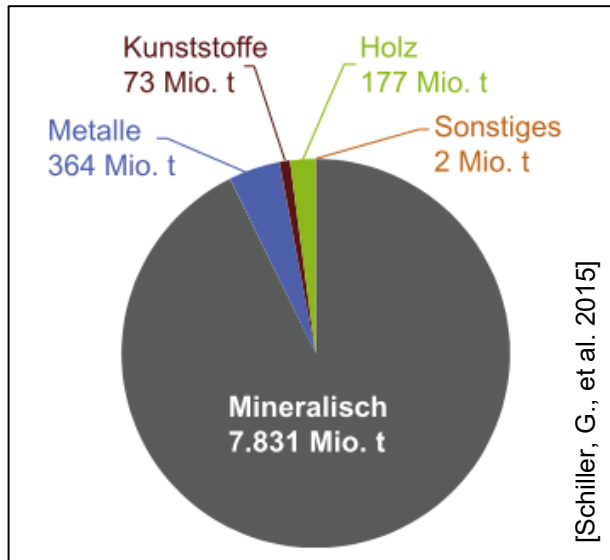
## Hoch- und Tiefbau



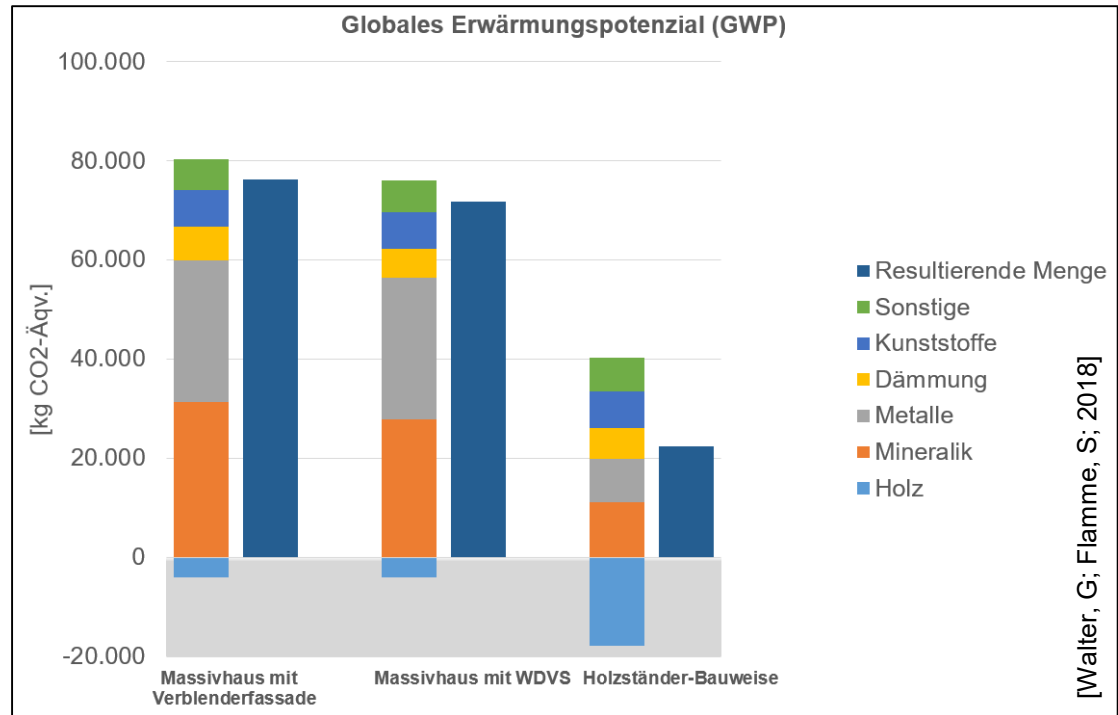
→ Das anthropogene Lager wächst weiter an!

# Materialien und Relevanz

## Am Beispiel Wohngebäudebestand



Baustoffverteilung im Wohngebäudebestand



→ Die Mineralische Fraktion hat mit Abstand die höchste Massenrelevanz (≈ 93 %)

→ Beim GWP haben die Metalle den größten Anteil

# Metalle in der urbanen Mine

## Gebäude und Infrastruktur

In langfristigen Lagern (Gebäude /Infrastruktur) gebundene Metalle je Einwohner (Angaben beziehen sich auf Untersuchungen **für Österreich** [Daxbeck, H., et al. 2009])

4.500 kg Eisen	oder 40 lfd. Meter Schienenstrang
340 kg Aluminium	oder 180 m <sup>2</sup> Aluminiumfassade
200 kg Kupfer	oder 50 lfd. Meter Kupferrohr
40 kg Zink	oder 40 m <sup>2</sup> verzinktes Stahlblech

Angewandt auf 83,2 Mio. (2019) Einwohner in Deutschland bedeutet dies

- **ca. 374 Mio. Mg Stahl**
- **ca. 28 Mio. Mg Aluminium**
- **ca. 17 Mio. Mg Kupfer**
- **ca. 3 Mio. Mg Zink**



# Herausforderung

## Bewirtschaftung des anthropogenen Lagers

### → Aktuell gibt es nur grobe Abschätzungen und Kartierungen

- **Objektidentifikation (Welche und wie viele?)**
  - oft ist schon die reine Anzahl einer Objektgruppe nicht verfügbar, so ist z. B. der Nichtwohngebäudebestand in Deutschland relativ unbekannt
- **Materialzusammensetzung (Was?)**
  - nachträgliche Materialzuweisung von Bestandsobjekten ist große Herausforderung und in der Regel zZ. nicht verfügbar
- **Nutzungsdauer/Freisetzung/Qualität (Wann? Und Wie?)**
  - für ein vorausschauendes Stoffstrommanagement spielt die Freisetzung und die Qualität der Rohstoffe eine wichtige Rolle

# Erhebung des Lagers

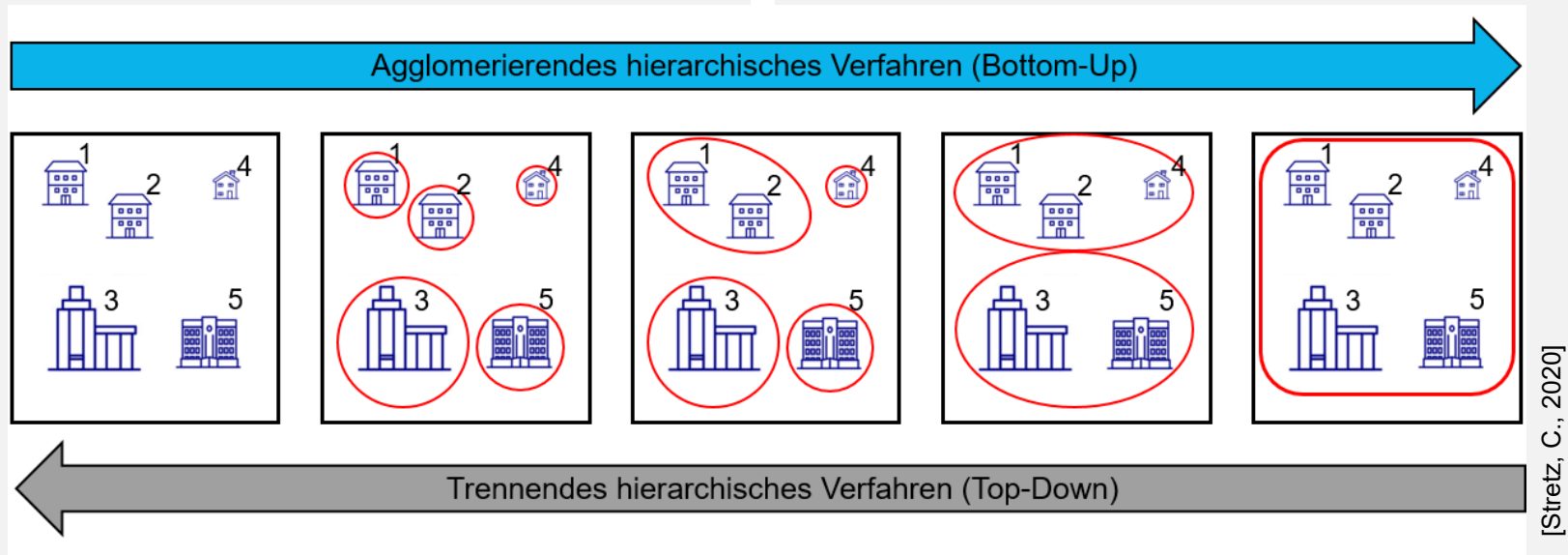
## Hierarchische Clusteranalyse

### Bottom-Up-Verfahren

- Spezifische Daten
- Gebäude-, Siedlungs- und Stadtraumtypen

### Top-Down-Verfahren

- Makroökonomische Statistiken
- Hauptmaterialien
- Großräumige Betrachtung



# Abbildung des Bestands

## Gebäude

- Große **Objektdiversität**
  - **Bauakte** als Informationsquelle
    - nicht immer vorhanden
    - Abweichung zur Bauausführung
    - hoher Aufwand
  - **Zerstörende Prüfverfahren**
    - nicht immer möglich
    - hoher Aufwand
  - **Zerstörungsfreie Prüfverfahren**
    - eher für Schadstellen
    - hoher Aufwand
- **Vorgehen über Gebäudetypen-Vertreter**

Decken über Keller aus Eisenbeton, sonst Holzbalken mit Bimsbeton-Hängedecken. Fußboden auf dem Trockenboden als Terrastboden.

Dachdeckung mit naturroten Maschinenhohlziegeln.

Außenwände mit Sockel aus Klinkern, darüber Traß-Kratzputz. Größe und Anordnung der Räume, Stockwerkshöhen, sowie Mauer- Holz- und Eisenstärken sind aus den Plänen zu ersehen. Ueber Entwässerung werden besondere Pläne eingereicht.

Die Bauherrin: Die Bauleitung:

Außenwände mit Sockel aus Klinkern,



Angaben zum Gebäude	
Baujahresgruppe:	nach 1945
Bauweise:	Ziegelbauweise
Gebäuelänge:	17,62 m
Gebäubreite:	9,86 m
Gebäudehöhe:	18,37 m (KG-Fußboden bis First)
Geschosszahl:	4 (plus KG und ungenutztes DG)
Außenwandkonstruktion:	Ziegelmauerwerk
Dachform:	Satteldach unter 45°
Dachdeckung:	Hartdeckung
Wohnungslage:	Dreispänner
Weitere Nutzung:	keine
<b>Ausstattung</b>	
Energieträger:	Gas / Strom
Heizung:	Ofenheizung
Warmwasserversorgung:	dezentral
Sanitäre Ausstattung:	Bad / Dusche / WC

A floor plan diagram of a building, showing a rectangular layout with multiple rooms and a central corridor. The plan is labeled '2.0G 3' in the top left corner.

[Gruhler, K., et al. 2002]

# Abbildung des Bestands

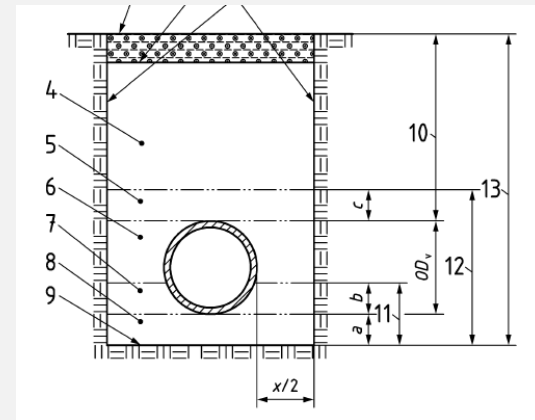
## Tiefbau

- Objekte sind zu einem Großteil in eine **Netzstruktur** eingebunden
  - weitgehend in **öffentlicher Hand**
  - Bauteile z. B. im Kanalbau aus **Fertig- und Normteilen**
  - **Nutzungsdauer** in der Regel = **Technische Lebensdauer**
  - werden in der Regel bereits in **Geoinformationssystemen** erfasst und dokumentiert
- **derzeit noch große Datenlücken bei Kreis- und Gemeindestraßen**

Zeile	Bauklasse	Bk <sub>100</sub>				Bk <sub>32</sub>				Bk <sub>10</sub>							
		B [Mio]	> 32	> 10 - 32	> 3,2 - 10	55	65	75	85	55	65	75	85	55	65	75	85
Dicke des frostsich. Oberbaues <sup>1)</sup>																	
1	<b>Asphalttragschicht auf Frostschutzschicht</b>																
	Asphaltdecke																
	Asphalttragschicht	12	22	18	14	12	18	14	14	12	14	14	14	12	14	14	14
	Frostschutzschicht	Σ34	Σ30	Σ26	Σ26	Σ34	Σ30	Σ26	Σ26	Σ34	Σ30	Σ26	Σ26	Σ34	Σ30	Σ26	Σ26
Dicke der Frostschutzschicht		-	31 <sup>2)</sup>	41	51	25 <sup>3)</sup>	35	45	55	29 <sup>4)</sup>	39	49	59	29 <sup>4)</sup>	39	49	59

Quelle: fgsv-verlag.de

Querschnitt der Straßenklassen



[DIN 1610, S. 8]

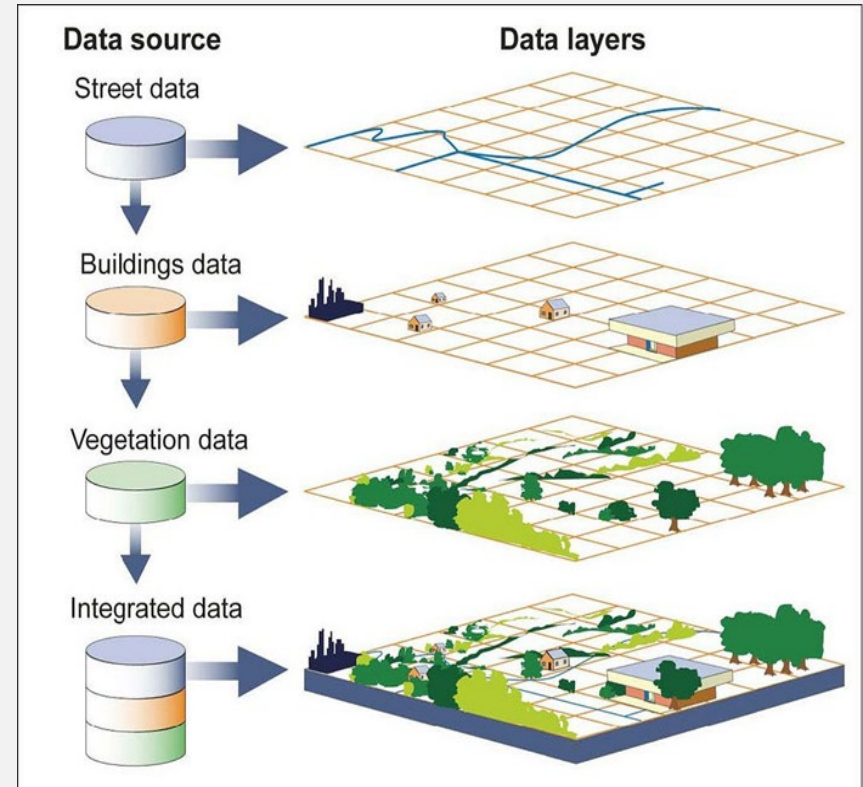
Kanalquerschnitt nach DIN 1610

# Projekt R2Q

## Modellaufbau - Ziele

- **Hoch- und Tiefbau**
  - Gebäude
  - Straßen und Wege
  - Kanäle
- **Bauteilebene**
- **dynamisch**
- **gut anwendbar**
- **übertragbar**
  - Open Source
  - Standardsoftware
  - Datengrundlage

→ **GIS\*-gekoppelter Ansatz**



\*GIS: Geografische Informationssysteme



# Projekt R2Q

## Modell - GIS-gekoppelter Ansatz

Verknüpfung von **Materialkenndaten** mit **geografischen Daten** über GIS

- es existieren Datensätze von **Gebäuden, Straßen, Kanälen.**
- **möglichst umfassende Materialkenndaten erforderlich.**

→ **Herausforderungen:**

- existierende Daten häufig nicht maschinenlesbar
- Daten haben noch keine einheitliche Struktur
- Datenlücken müssen geschlossen werden

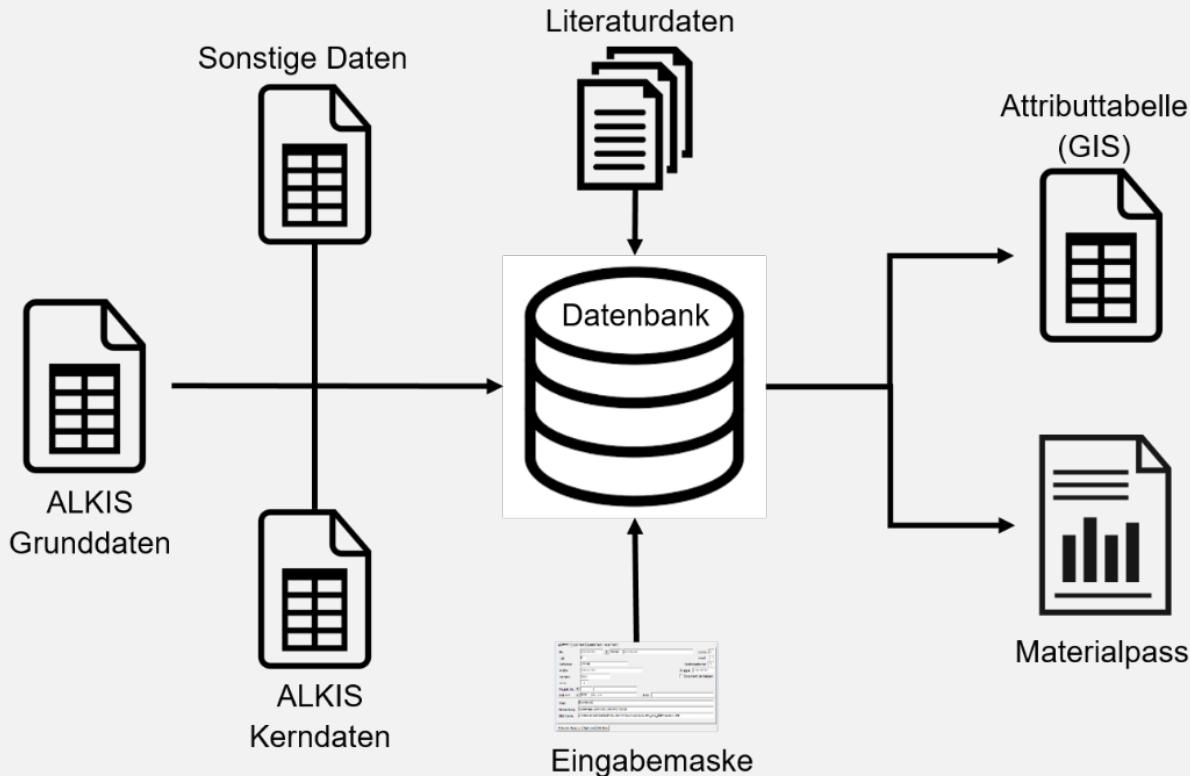


**R2Q-Projekt:** Beispiel eines Quartiers in Herne



# Projekt R2Q

## Ressourceneffizientes Stoffstrommanagement



ALKIS: kommunale  
Geodaten bei den  
Katasterämtern

(Mittelfristige)  
Stoffstromprognose  
zur Freisetzung  
und Qualität der  
Materialien –

**Ziel:** möglichst  
umfassende und  
hochwertige  
Verwertung

=>

**Ressourcenhaus-  
haltsmodell**

# Projekt R2Q

## Ressourceneffizientes Stoffstrommanagement

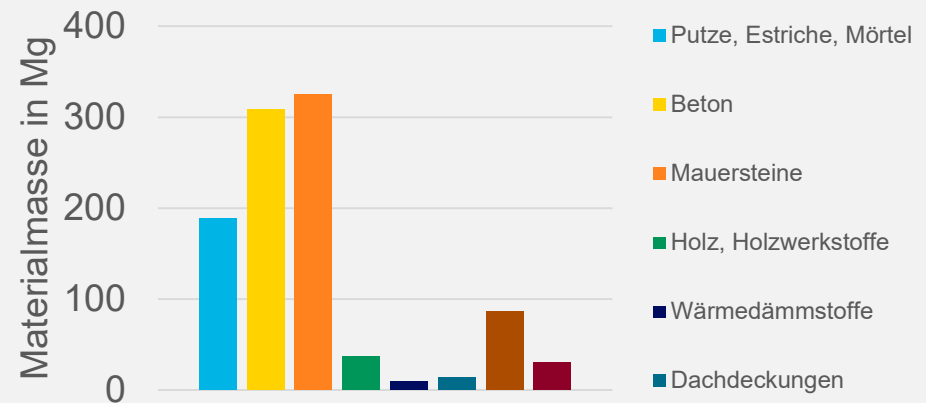
### Kenndaten Testfeld:

- ≈ 1,4 Hektar
- ≈ 0,5 Hektar Grünfläche
- 1 Bürogebäude
- 6 Einfamilienhäuser
- 3 Mehrfamilienhäuser MFH
- 15 sonstige Gebäude
  - 9 Garagen
  - 2 Gartenhäuser
  - 1 Umformer
  - 3 Schuppen
- ≈ 2000 m<sup>2</sup> Straße
- ≈ 2300 m<sup>2</sup> Wege
- 13 kWp PV-Anlage\*

\*laut Ressource Energie



Materialzusammensetzung der EFH



# Ausblick - Urban Mining

## Rahmenbedingungen für die Rohstoffnutzung

- u. a. im **HOCH- UND TIEFBAU**
  - **Regionale Netzwerke schaffen, Wissensaustausch** unter Akteuren
  - **BESTAND: „regional“ identifizieren, quantifizieren und erschließen (SANIERUNG oder/und VERWERTUNG)**
  - **NEUBAU: Verbesserung der Datenlage** über die verbauten Rohstoffe und deren Qualitäten – **Materialpässe!!; verbindliche Rückbauplanung**
  - Nutzung **digitaler Methoden (GIS, BIM)**
  - **Einführung von Produktverantwortung im Baubereich – Planung über den gesamten Lebenszyklus - Rücknahmesysteme**
  - Anreize für **nachhaltige Geschäftsmodelle – z. B. pay per use**

# Ausblick - Urban Mining

## Materialpass – Madaster

**Gebäude bzw. Bauwerke benötigen einen Materialpass**

- **Ausstellung direkt beim Bau**
- **dezentrale Erstellung**
- **zentrale Erfassung**
- **vereinfachte Erstellung für Bestandsobjekte (analog zum Energiepass)**

**Beispiel „Madaster“ = Ziel: Aufbau eines Kataster für Materialien im Hoch- und Tiefbau\***

**\*Vorgehensweise für den Hochbau steht soweit im Tiefbau befindet sich diese noch in der Entwicklung**



Quelle: nest-umar.net



Quelle: nest-umar.net

# Quellen

## Literaturverzeichnis

- [Bergmann, T., et al. 2015]** Ressourceneffizienzpotenziale im Tiefbau - Materialaufwendungen und technische Lösungen, VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (VDI ZRE), URL: [https://www.ressource-deutschland.de/fileadmin/user\\_upload/downloads/studien/Studie\\_Ressourceneffizienzpotenziale\\_im\\_Tiefbau.pdf](https://www.ressource-deutschland.de/fileadmin/user_upload/downloads/studien/Studie_Ressourceneffizienzpotenziale_im_Tiefbau.pdf), Zugriff: 17.12.2018
- [Destatis 2020]** Statistisches Bundesamt (Destatis) (2020): Umweltökonomische Gesamtrechnungen - Aufkommen und Verwendung in Rohstoffäquivalenten, Statistisches Bundesamt (Destatis), URL: [https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/UGR/rohstoffe-materialfluesse-wasser/Publikationen/Downloads/rohstoffaequivalente-5853101169004.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/UGR/rohstoffe-materialfluesse-wasser/Publikationen/Downloads/rohstoffaequivalente-5853101169004.pdf?__blob=publicationFile), Zugriff: 06.08.2021
- [Gruhler, K., et al. 2002]** Gruhler, K.; Böhm, R. (2002): Stofflich-energetische Gebäudesteckbriefe - Gebäudevergleiche und Hochrechnungen für Bebauungsstrukturen, Institut für ökologische Raumentwicklung e. V. (IÖR), URL: [http://www.qucosa.de/fileadmin/data/qucosa/documents/15137/38\\_gruhler.pdf](http://www.qucosa.de/fileadmin/data/qucosa/documents/15137/38_gruhler.pdf), Zugriff: 14.01.2014
- [Link, H. 2013]** Den Gesetzen der Physik und dem Wohle der Menschen dienen - Interview mit Werner Sobek, In: Deutsches Ingenieurblatt, S. 10–13, Nr. 07-08/2013/2013, URL: <https://www.deutsches-ingenieurblatt.de/magazin/archiv/archiv-deutsches-ingenieurblatt/artikel/2013/dib-7-2013/2600-den-gesetzen-der-physik-und-dem-wohle-der-menschen-dienen-interview-mit-werner-sobek/>
- [Patitz, G.; Kramer, M. 2017]** Bestandserfassung als Basis für Umnutzungs- und Sanierungsplanungen, In: Bausubstanz, S. 28–32, Nr. 03/2017, Zugriff: 11.04.2018
- [Schiller, G., et al. 2015]** Schiller, G., et al. (2015): Kartierung des Anthropogenen Lagers in Deutschland zur Optimierung der Sekundärrohstoffwirtschaft, Umweltbundesamt, URL: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte\\_83\\_2015\\_kartierung\\_des\\_anthropogenen\\_lagers.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_83_2015_kartierung_des_anthropogenen_lagers.pdf), Zugriff: 14.01.2019
- [Stretz, C., 2020]** RessourcenPlan im Quartier – Baustoffe - Methodenentwicklung für ein kommunales Haushaltsmodell für Baustoffe im Hoch- und Tiefbau, Vortrag zu: Wissenschaftskongress „Abfall- und Ressourcenwirtschaft“, Technischen Universität Dresden, 08./09.10.2020
- [Walter, G; Flamme S; 2018]** Single-family houses as urban mines - terra incognita of resource management -Background , Vortrag Münster 2018